

ESTUDI COMPARATIU DELS FILTRES DE KALMAN I IMM PER A NAVEGACIÓ

Andreu Comajuncosas

CONTINGUT DE LA PRESENTACIÓ

1. OBJECTIUS
2. SISTEMES DE NAVEGACIÓ
3. FILTRES
4. TRAJECTÒRIA DEL VEHICLE
5. MESURES DELS SENSORS
6. PROVES DEL FILTRE DE KALMAN
7. PROVES DEL FILTRE IMM
8. COMPARACIÓ DELS FILTRES
9. LÍNIES OBERTES

1. OBJECTIUS

- Codificar en Matlab els algorismes dels filtres de Kalman i IMM.
- Comparar les seves prestacions en el suavitzat de les mesures d'un GPS.

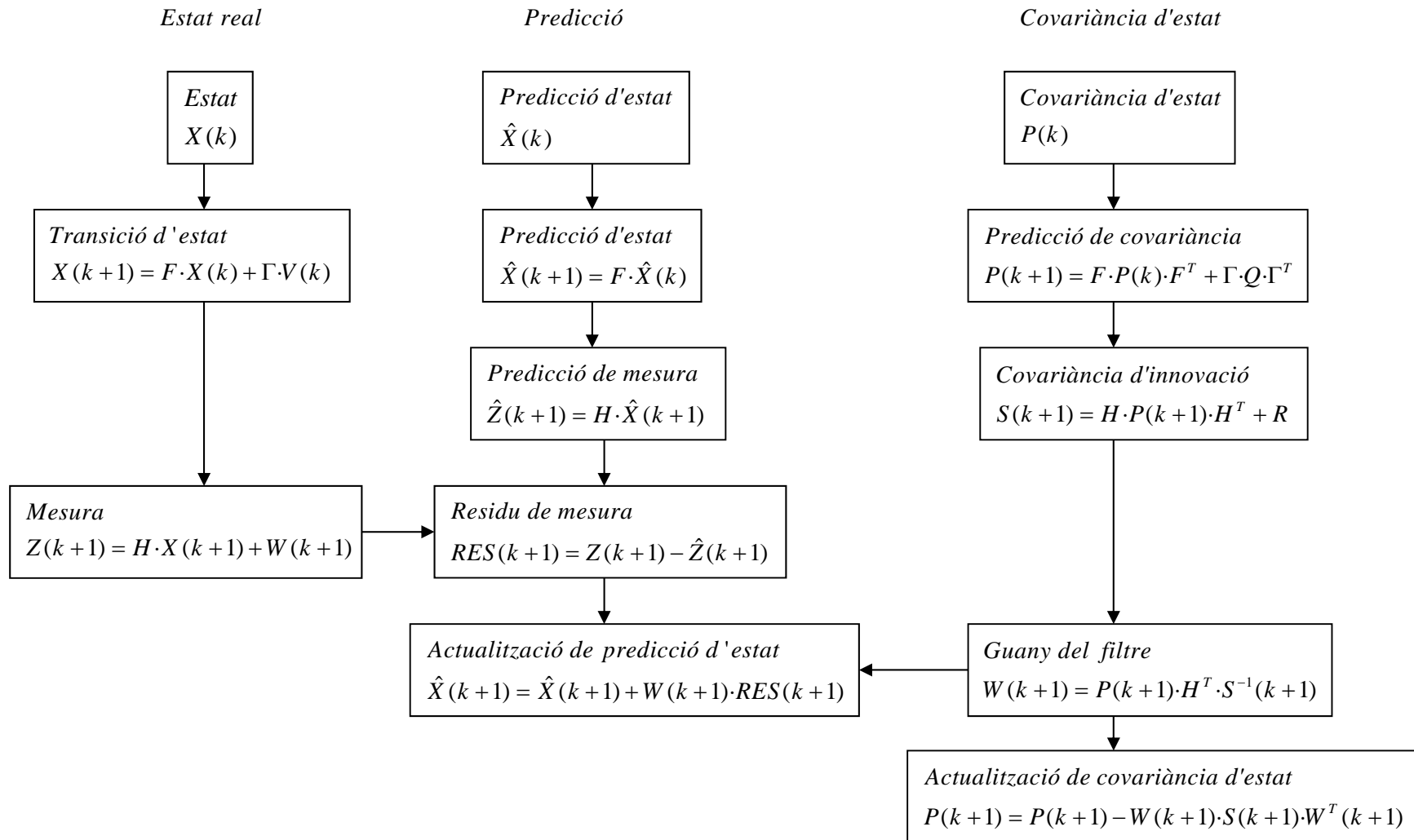
2. SISTEMES DE NAVEGACIÓ

- Navegació:
 - Trajectòria desitjada.
 - Trajectòria seguida.
 - Maniobres.
- GPS - GNSS.
- Unitat de Mesura Inercial (IMU):
 - Acceleròmetres.
 - Giroscopis.
 - Magnetòmetres.
- Sistema híbrid.

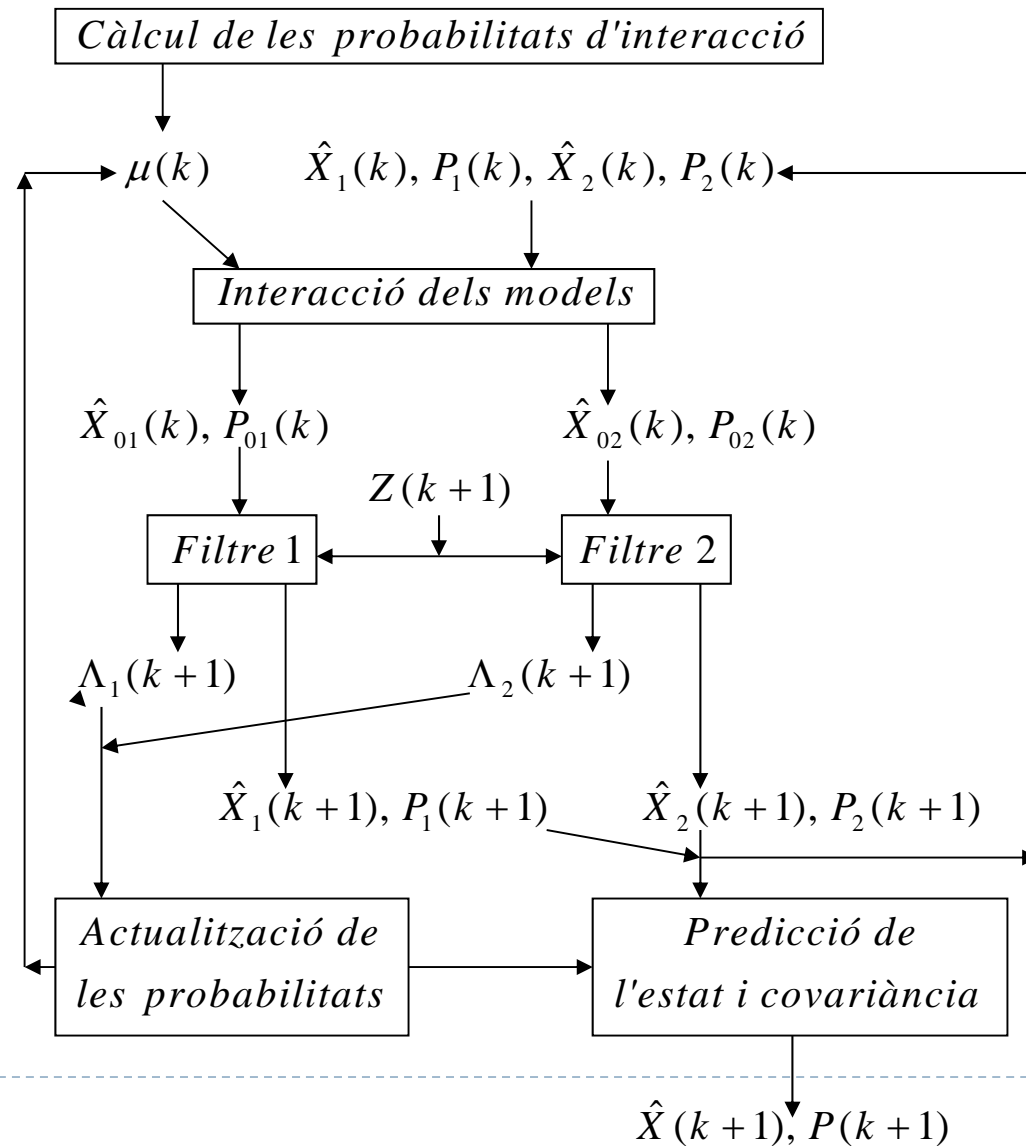
3. FILTRES

- Funcions:
 - Fusió de dades.
 - Suavitzat dels errors de mesura.
 - Estimació d'estat.
- Arquitectura feblement acoblada:
 - Filtres separats per GPS i IMU.
- Arquitectura fortament acoblada:
 - Un únic filtre que integra GPS i IMU.
 - Molt més complexa.
- Algorismes: Kalman, IMM, altres.

3. FILTRE DE KALMAN

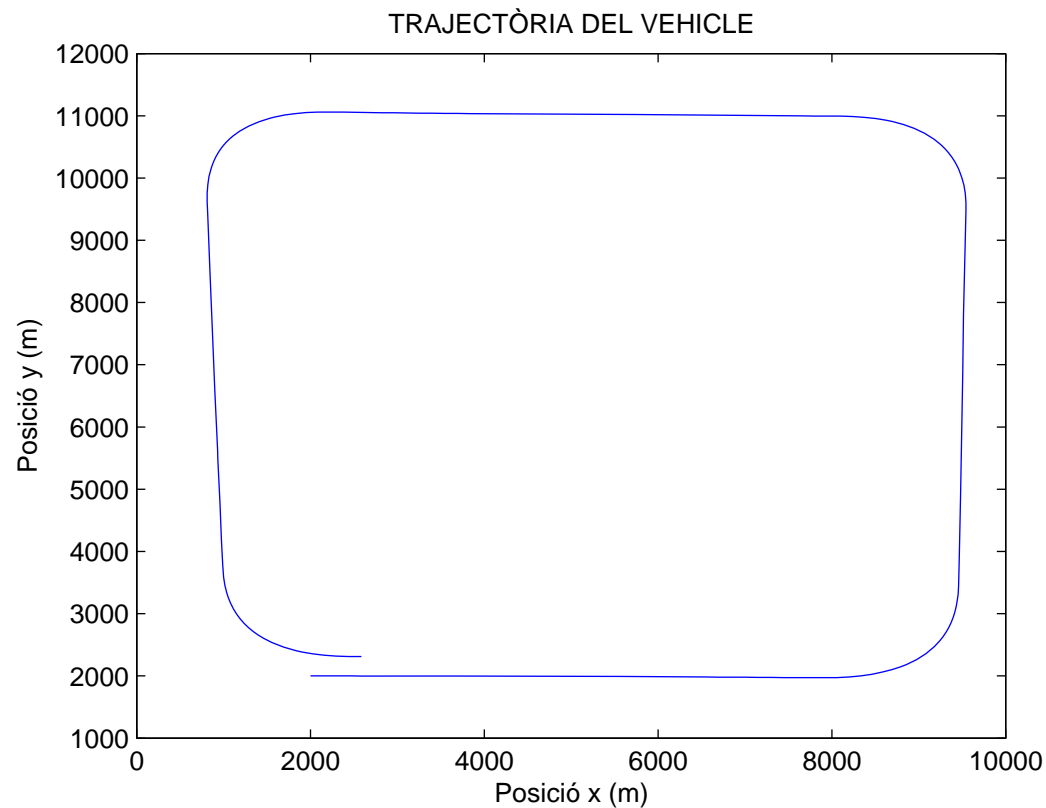


3. FILTRE IMM



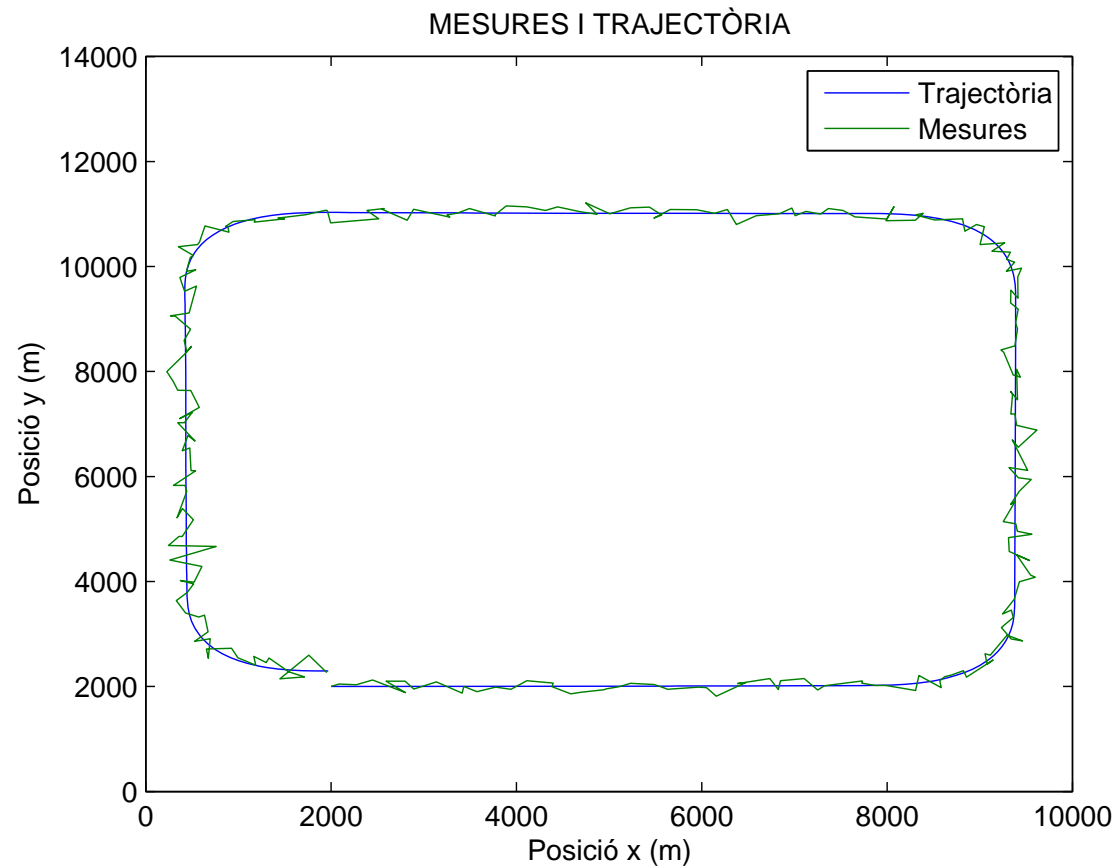
4. TRAJECTÒRIA DEL VEHICLE

- Trams rectes i maniobres brusques.
- Trajectòria en dues dimensions.
- Velocitat: 15 m/s
- Soroll de procés: $0,002 \text{ m/s}^2$.



5. MESURES DELS SENSORS

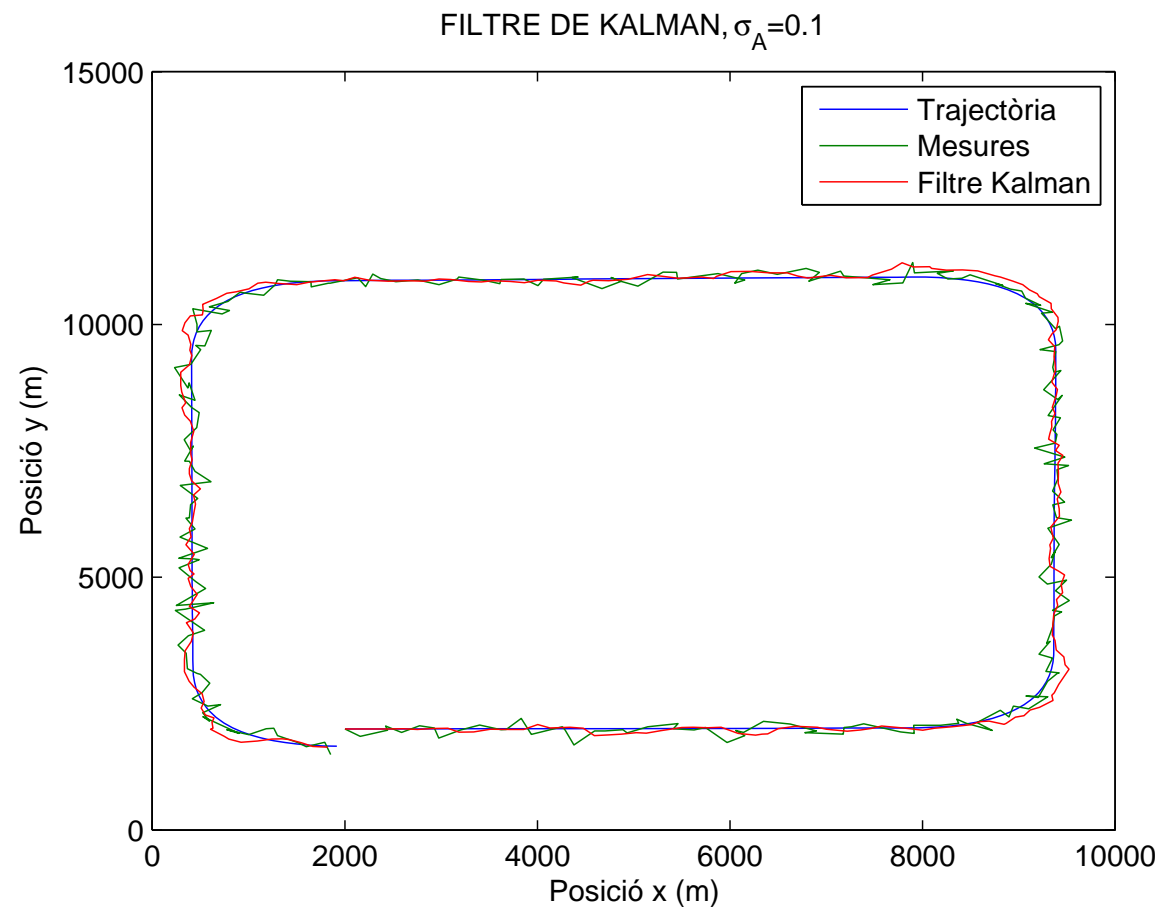
- Mesures del GPS amb arquitectura feblement acoblada.
- Soroll de mesura: 100 m. Temps de mostreig: 10 s.
- Els filtres només tindran accés a les mesures.



6. PROVES DEL FILTRE DE KALMAN

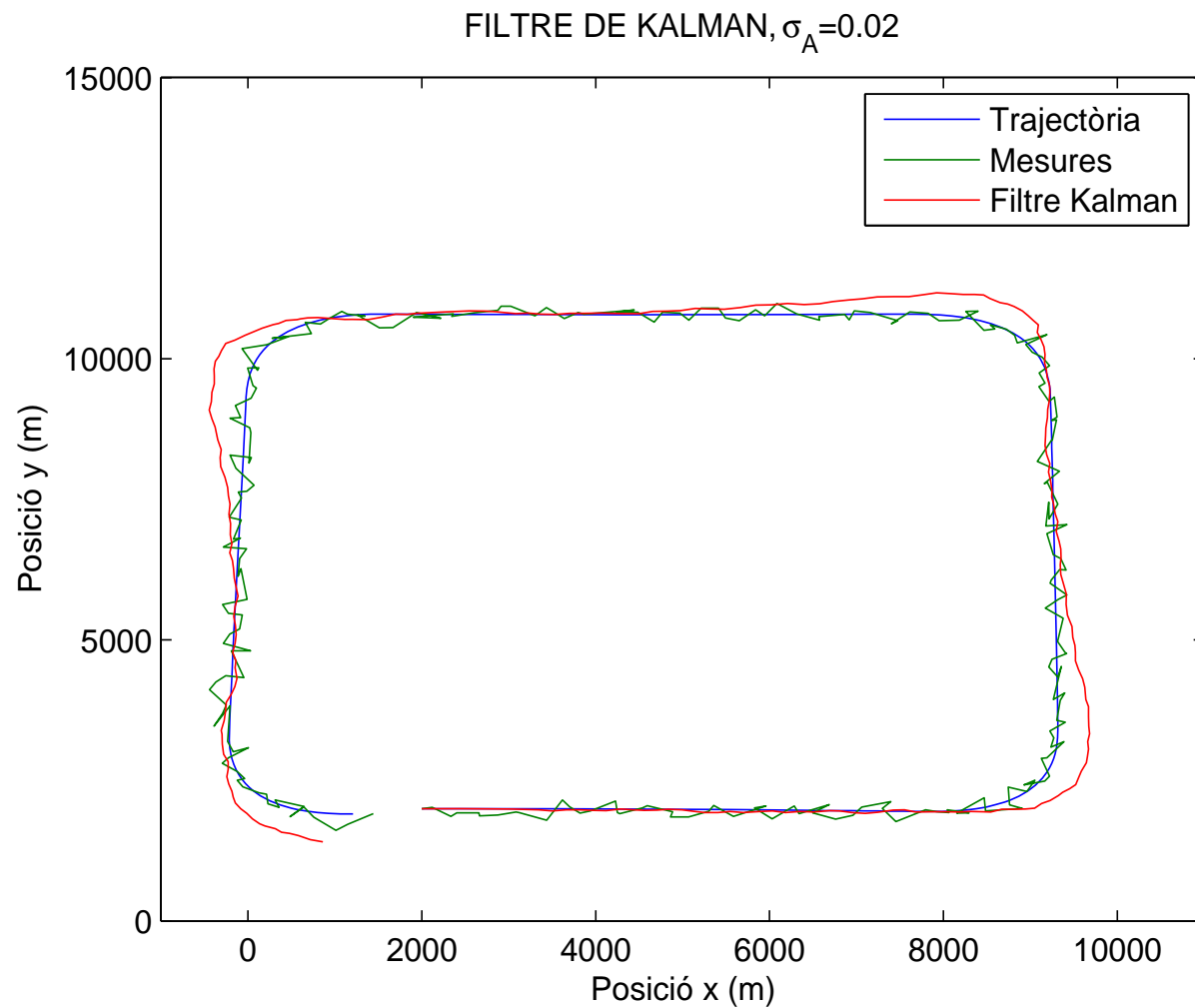
- Acceleració de gir modelitzada com a soroll de procés.

$$\sigma_A \simeq \sqrt{2} \cdot 0.075 \text{ m/s}^2 \simeq 0.1 \text{ m/s}^2$$



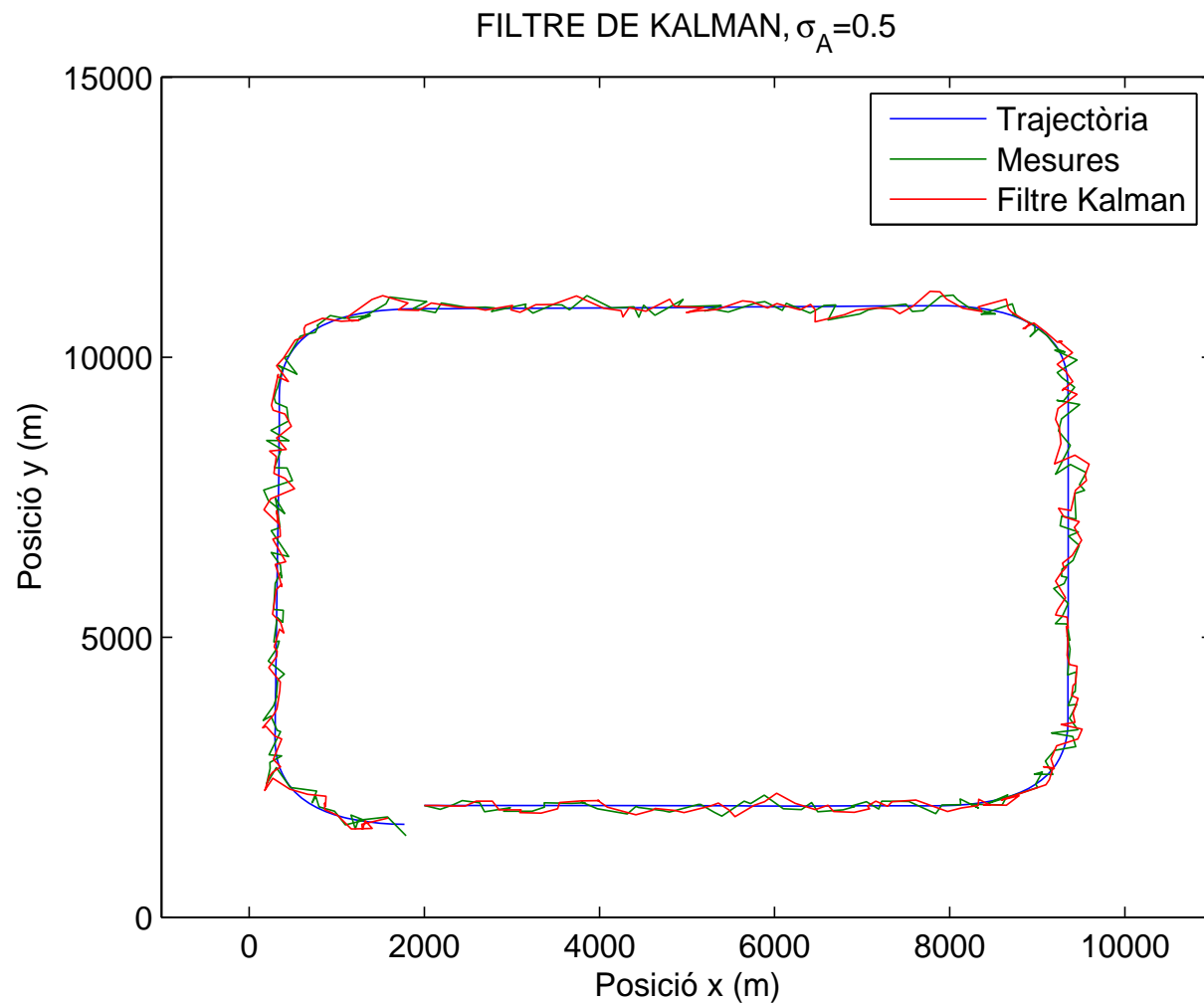
6. PROVES DEL FILTRE DE KALMAN

- Filtre mal sintonitzat: massa inèrcia.



6. PROVES DEL FILTRE DE KALMAN

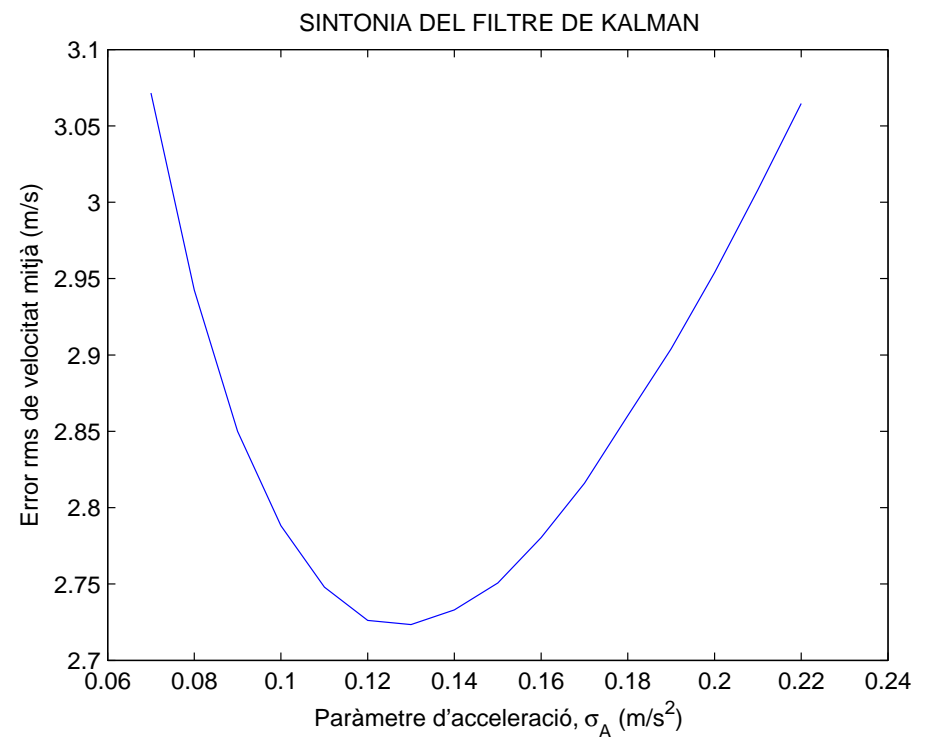
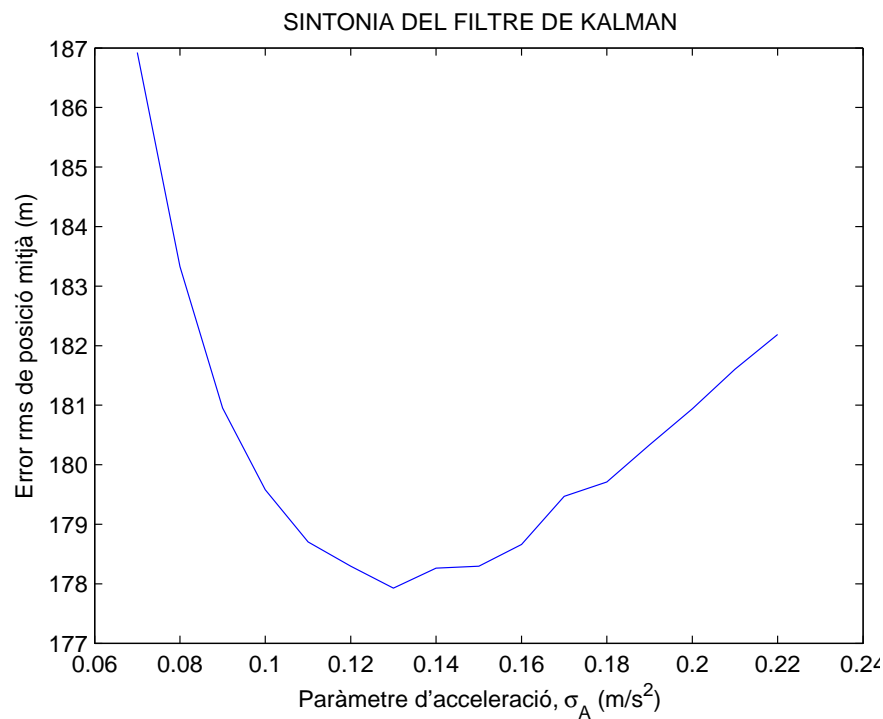
- Filtre mal sintonitzat: massa soroll.



6. PROVES DEL FILTRE DE KALMAN

- Sintonia del filtre: útil per acceleracions variables o desconegudes.

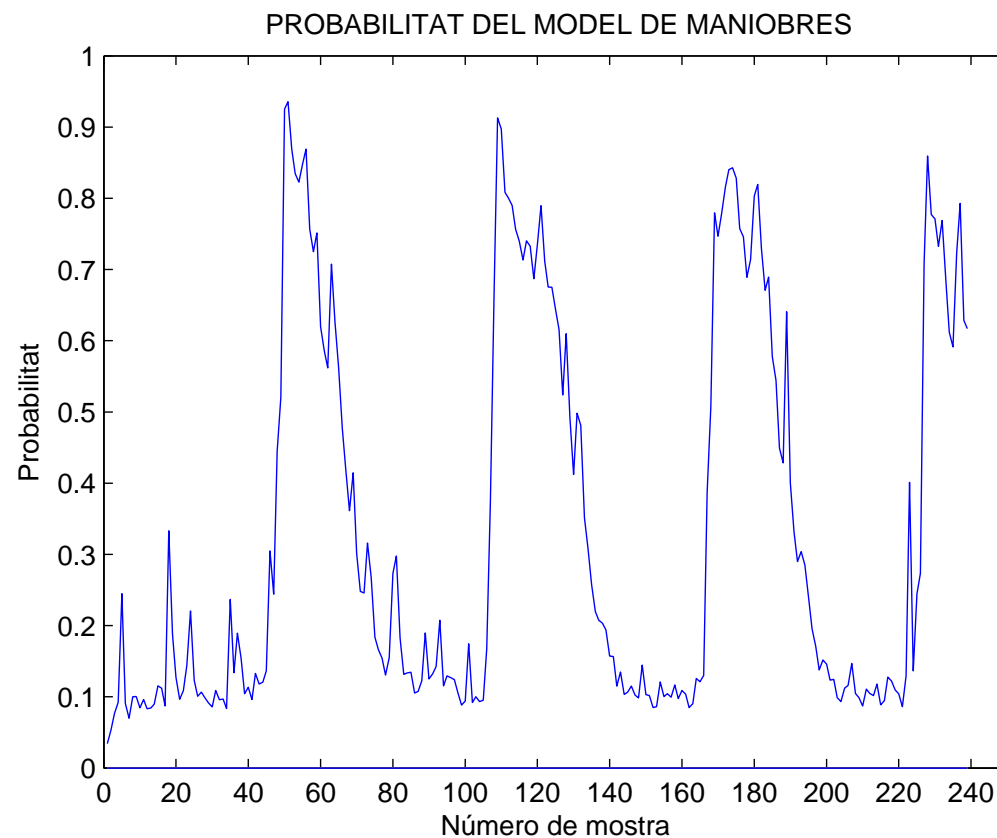
$$\sigma_A = 0.13 \text{ m} / \text{s}^2$$



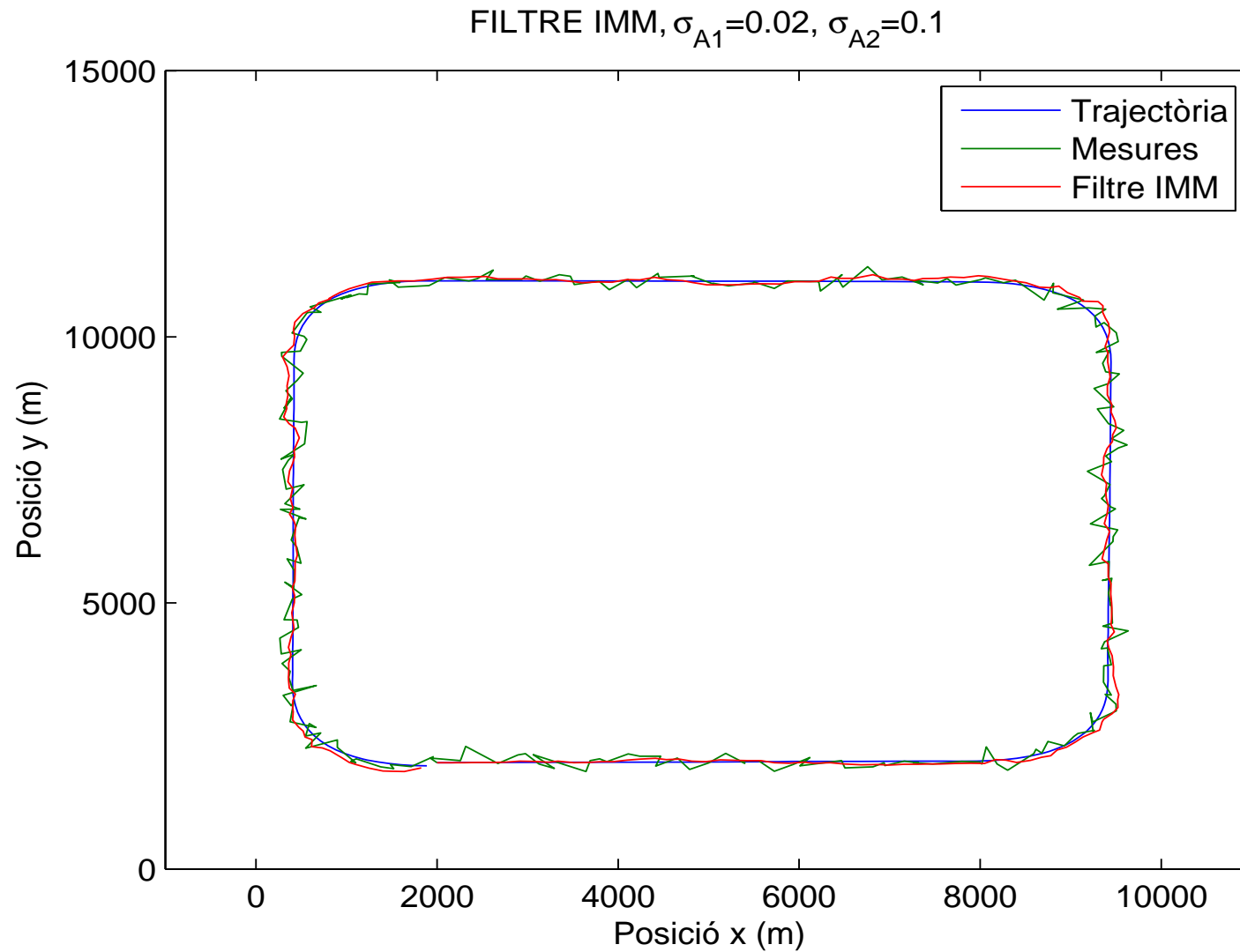
7. PROVES DEL FILTRE IMM

- Dos models: moviment suau i maniobres brusques.

$$\sigma_{A1} = 0.02 \text{ m} / \text{s}^2 \quad \sigma_{A2} = 0.1 \text{ m} / \text{s}^2 \quad \Pi = \begin{bmatrix} 0.975 & 0.025 \\ 0.05 & 0.95 \end{bmatrix}$$



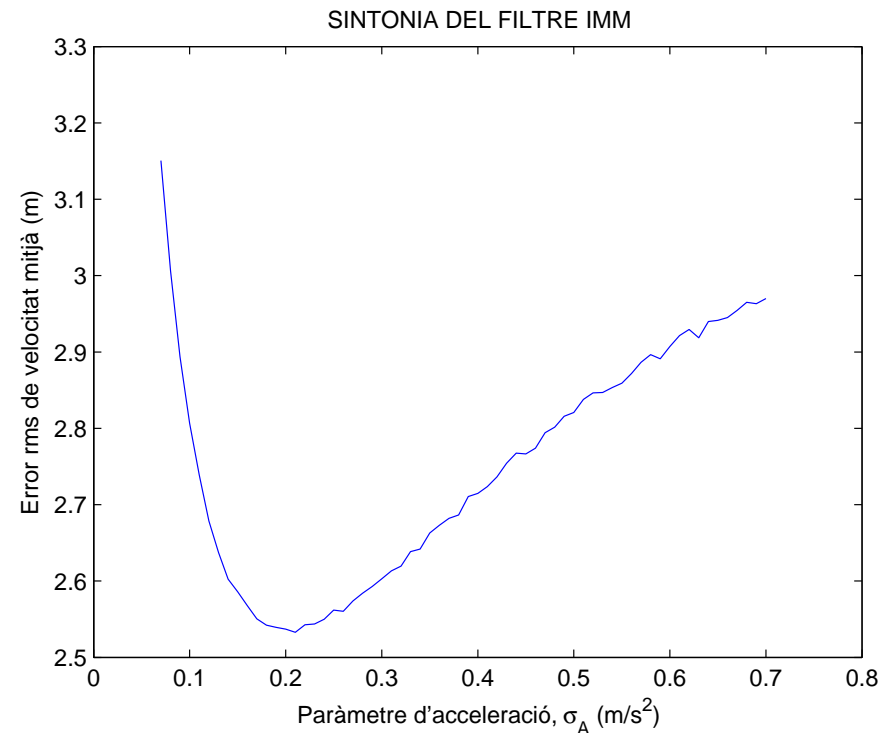
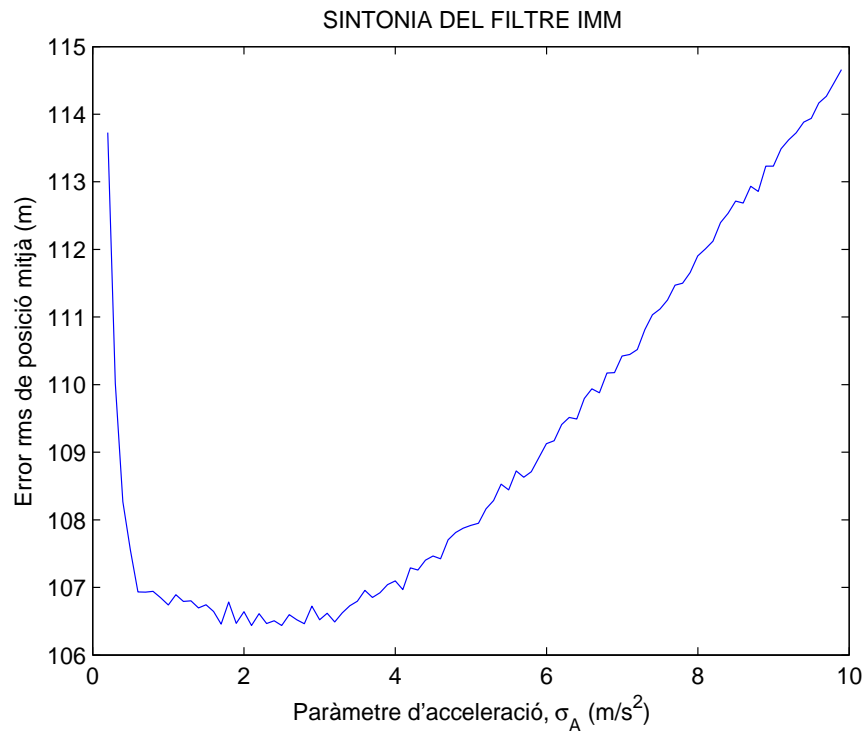
7. PROVES DEL FILTRE IMM



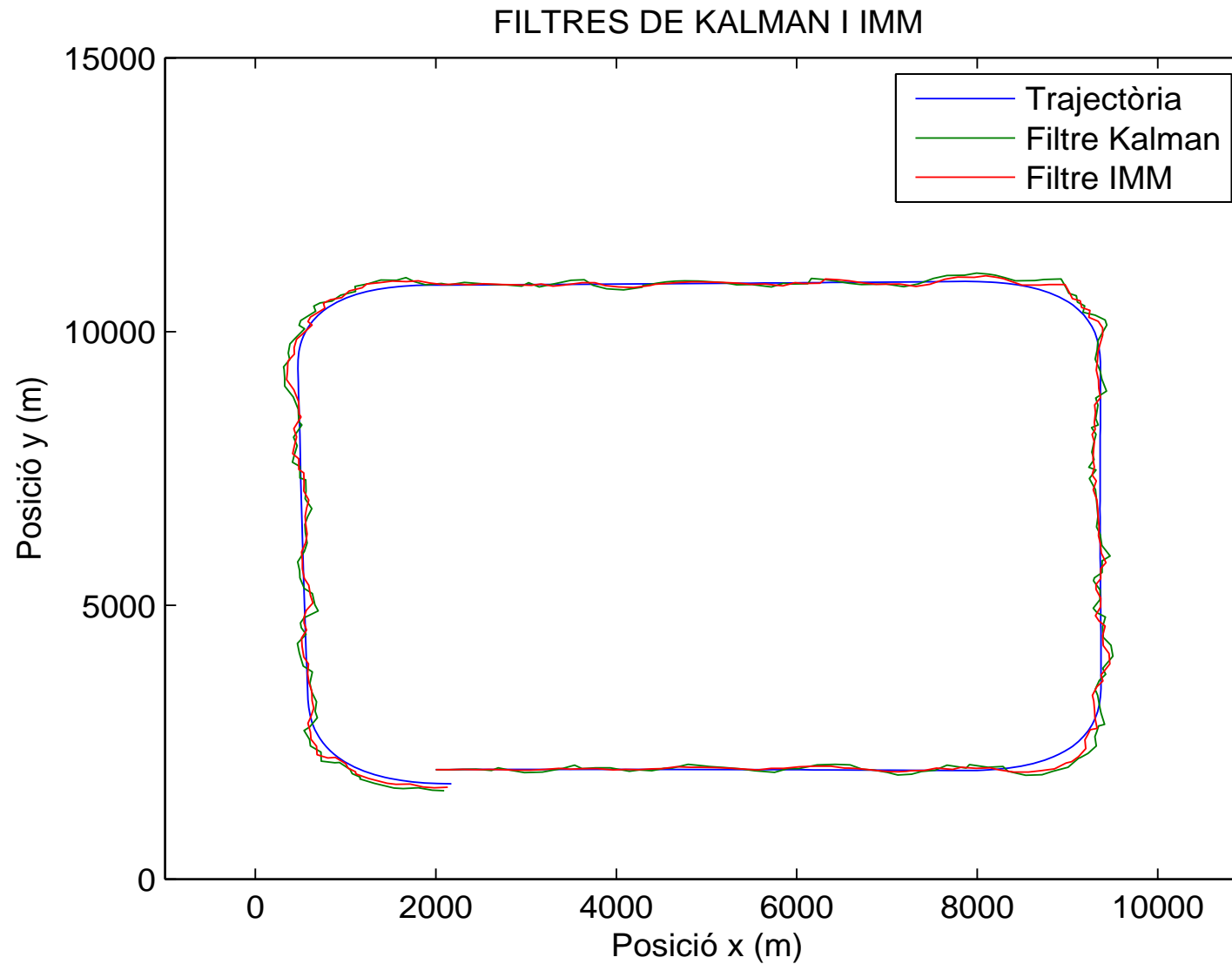
7. PROVES DEL FILTRE IMM

- Sintonia del paràmetre d'acceleració en maniobres.
- Error de velocitat mínim, error de posició prou bo.
- Errors inferiors al filtre de Kalman: 107 m – 178 m; 2.55 m/s – 2.75 m/s

$$\sigma_{A2} = 0.2 \text{ m/s}^2$$

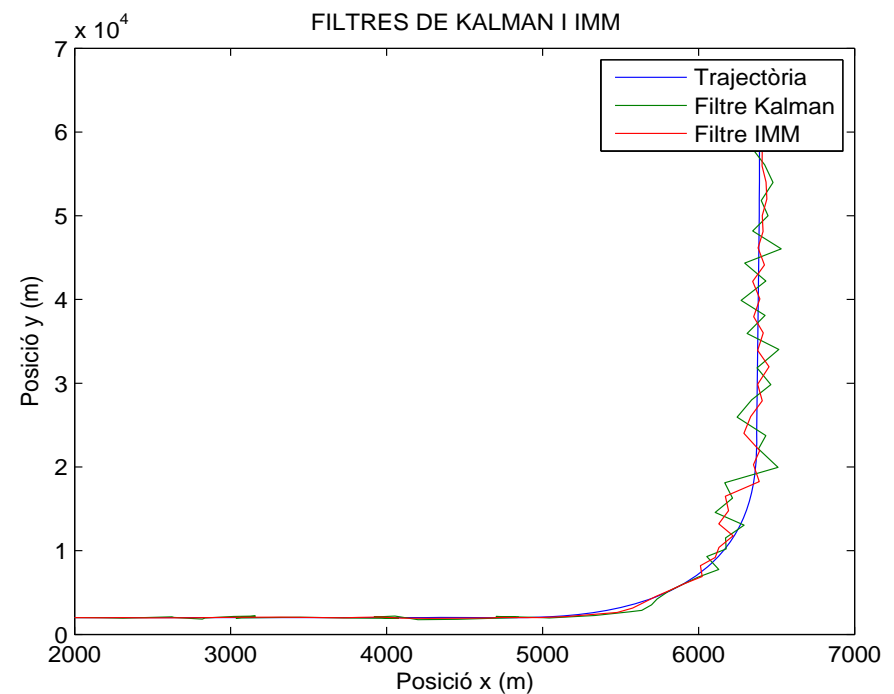
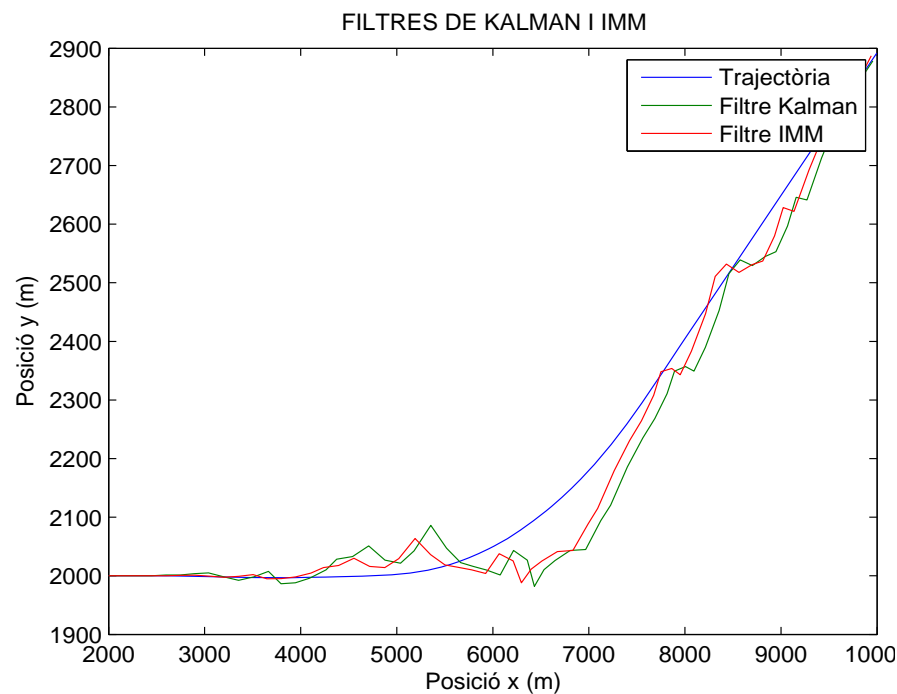


8. COMPARACIÓ DELS FILTRES



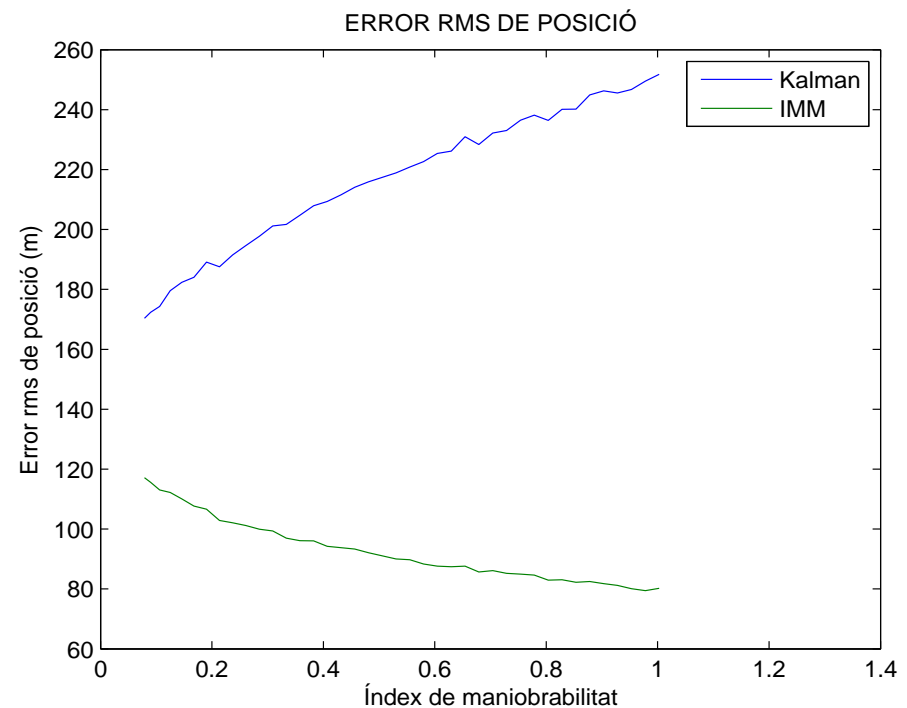
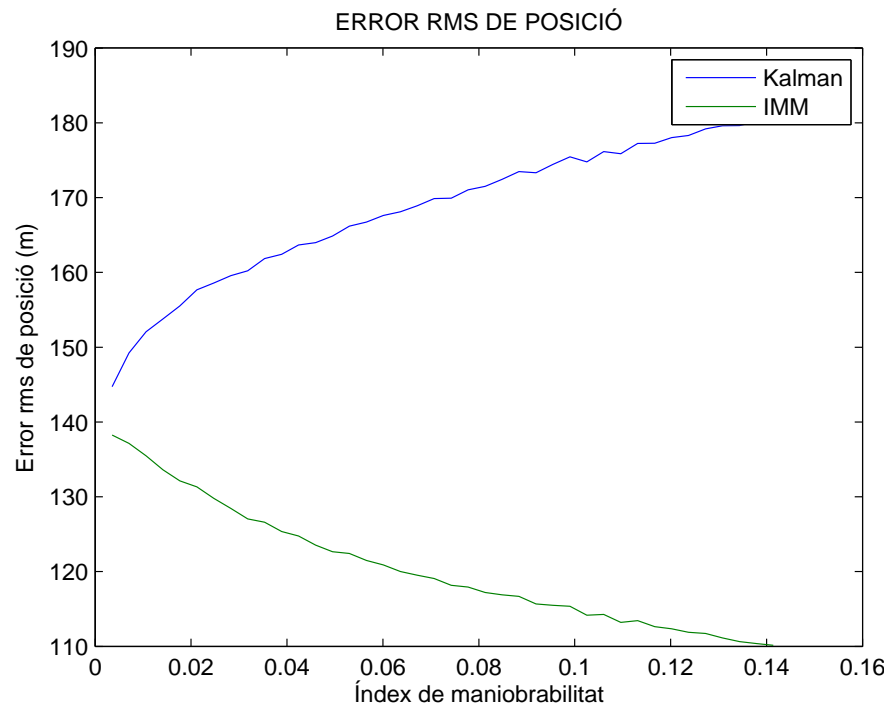
8. COMPARACIÓ DELS FILTRES

- Comparació quantitativa per a maniobres més o menys brusques:
 - Gir d'angle petit.
 - Gir de 90° amb forta acceleració.



8. COMPARACIÓ DELS FILTRES

- Índex de maniobrabilitat: $\lambda = \frac{\sigma_A T^2}{\sigma_W}$
- Error de posició del filtre IMM inferior al del filtre de Kalman per a qualsevol índex de maniobrabilitat.



9. LÍNIES OBERTES

- Aplicació dels filtres a les dades mesurades pels sensors en un vehicle real.
- Suavitzat de les mesures de sensors inercials.
- Fusió de les dades de GPS i sensors inercials, en una arquitectura fortament acoblada.
- Control de la integritat de les mesures.
- Augment del nombre de models en el filtre IMM.
- Utilització de models més sofisticats (gir coordinat), o de models adaptats a diversos sensors inercials.
- Optimització del temps de càlcul, aprofitant les simetries de les matrius de covariància.
- Programació d'una interfície gràfica en Matlab per a variar les trajectòries i els paràmetres dels filtres.
- Estudi de diferents algorismes de filtratge.